

3

Docket No.: 54024-026

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
Mutsuhiro YAMANAKA, et al. :
Serial No.: : Group Art Unit:
Filed: January 11, 2001 : Examiner:
For: IMAGE PROCESSING APPARATUS AND METHOD

jc759 U.S. PTO
09/757654
01/11/01

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

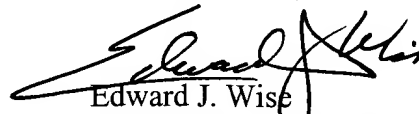
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2000-004711,
filed January 13, 2000;
Japanese Patent Application No. 2000-004941,
filed January 13, 2000;
and
Japanese Patent Application No. 2000-004942,
filed January 13, 2000

cited in the Declaration of the present application. Certified copies are submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Edward J. Wise
Registration No. 34,523

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 EJW:dtb
Date: January 11, 2001
Facsimile: (202) 756-8087

54024-026

Yamawaki, et al.

January 11, 2001

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 1月13日

出願番号

Application Number:

特願2000-004711

願人

Applicant(s):

ミノルタ株式会社

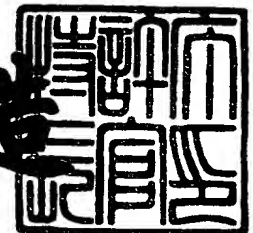
Jc759 U.S. PRO
09/757654
01/11/01

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年11月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P26-0154

【提出日】 平成12年 1月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 9/77

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 山中 睦裕

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 墨友 博則

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 中野 雄介

【特許出願人】

【識別番号】 000006079

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

・【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9805690

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 デジタル撮像装置および画像復元方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デジタル撮像装置であって、
受光素子配列を用いて画像を画像データとして取得する撮像手段と、
前記撮像手段の光学系による前記画像の少なくとも 1 種類の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記画像を復元する復元手段と、
を備えることを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項 2】 デジタル撮像装置であって、
受光素子配列を用いて画像を画像データとして取得する撮像手段と、
前記画像データとともに、前記撮像手段の光学系による前記画像の少なくとも 1 種類の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を外部へ出力する出力手段と、
を備えることを特徴とするデジタル撮像装置。

【請求項 3】 画像の劣化を復元する画像復元方法であって、
受光素子配列を有する撮像手段を用いて画像データとして取得された画像を準備する工程と、
前記撮像手段の光学系による前記画像の少なくとも 1 種類の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記画像を復元する工程と、
を有することを特徴とする画像復元方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、受光素子配列を用いて取得された画像に対して劣化の復元を行う技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、CCD に代表される受光素子配列を用いて画像データとして取得される画像に対し、画像の劣化を復元する様々な技術が提案されている。画像の劣

劣化とは、撮像対象から得られるべき理想的な画像に対して実際に得られた画像が劣化していることをいい、例えば、デジタルカメラを用いて得られる画像は、絞り値、焦点距離、ピント位置等に依存する収差により画像が劣化しており、さらに、偽解像を防止するための光学ローパスフィルタによっても劣化している。

【0003】

このような劣化した画像に対して、従来より、画像の劣化をモデル化することで取得された画像を理想的な画像に近づける復元が行われてきた。例えば、画像の劣化は各受光素子に入射すべき光束がガウス分布に従って広がりながら入射することにより生じるものとみなして画像に復元関数を作用させたり、画像のエッジを強調するフィルタ（いわゆる、アパーチャ補正フィルタ）を作用させる等して画像の復元が行われてきた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の画像復元方法は、画像の劣化が実際にはどのように生じているかという点を考慮しない方法である。その結果、復元により理想的な画像を得ることが困難な場合が多い。

【0005】

そこで、この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、画像の実際の劣化特性を参照することにより画像の適切な復元を行うことを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、デジタル撮像装置であって、受光素子配列を用いて画像を画像データとして取得する撮像手段と、前記撮像手段の光学系による前記画像の少なくとも1種類の劣化特性を示す少なくとも1つの劣化関数を用いて前記画像を復元する復元手段とを備える。

【0007】

請求項2の発明は、デジタル撮像装置であって、受光素子配列を用いて画像を画像データとして取得する撮像手段と、前記画像データとともに、前記撮像手段の光学系による前記画像の少なくとも1種類の劣化特性を示す少なくとも1つの

劣化関数を外部へ出力する出力手段とを備える。

【0008】

請求項3の発明は、画像の劣化を復元する画像復元方法であって、受光素子配列を有する撮像手段を用いて画像データとして取得された画像を準備する工程と、前記撮像手段の光学系による前記画像の少なくとも1種類の劣化特性を示す少なくとも1つの劣化関数を用いて前記画像を復元する工程とを有する。

【0009】

【発明の実施の形態】

<1. 第1の実施の形態>

<1.1 デジタルカメラの構成>

図1ないし図3はこの発明の第1の実施の形態に係るデジタルカメラ1の外観を示す図であり、図1は正面図、図2は背面図、図3は左側面図である。なお、図1および図2ではメモ리카ード91が装着される様子を図示しており、図3ではメモ리카ード91を図示していない。

【0010】

デジタルカメラ1の主な構成は通常のデジタルカメラと同様であり、図1に示すように正面には被写体からの光をCCDへと導くレンズユニット2、および、被写体に向けてフラッシュ光を発するフラッシュ11が配置され、レンズユニット2の上方には被写体を捉えるためのファインダ12が配置される。

【0011】

また、上面には撮影操作の際に押されるシャッターボタン13が配置され、図3に示すように左側面にはメモ리카ード91を装着するためのカードスロット14が設けられる。

【0012】

デジタルカメラ1の背面には図2に示すように、撮影により取得された画像や操作画面を表示するための液晶ディスプレイ15、撮影モードと再生モードとを切り替える切替スイッチ161、操作者の選択入力を受け付ける4ウェイキー162等が配置される。

【0013】

図4はレンズユニット2近傍におけるデジタルカメラ1の内部構造を示す縦断面図である。レンズユニット2は複数のレンズにより構成されるレンズ系21および絞り22を内蔵しており、レンズユニット2の背後には光学ローパスフィルタ31および2次元の受光素子配列を有する単板カラーCCD32が順に配置される。すなわち、デジタルカメラ1では、レンズ系21、絞り22および光学ローパスフィルタ31が被写体からの光をCCD32へと導く光学系を構成している。

【0014】

図5はデジタルカメラ1の動作に係る主な構成を示すブロック図である。なお、図5では、シャッターボタン13、切替スイッチ161および4ウェイキー162を操作部16として図示している。

【0015】

図5に示すCPU41、ROM42およびRAM43は、デジタルカメラ1の全体の動作を制御する構成であり、CPU41、ROM42およびRAM43とともに各種構成が適宜バスラインに接続される。そして、CPU41がRAM43を作業領域としつつROM42内のプログラム421に従って演算処理を行うことにより、デジタルカメラ1の各部の動作や画像処理が行われる。

【0016】

レンズユニット2にはレンズ系21および絞り22とともにこれらを駆動するレンズ駆動部211および絞り駆動部221が設けられており、測距センサの出力や被写体の明るさに応じてレンズ系21および絞り22がCPU41により適宜制御される。

【0017】

CCD32はA/D変換器33に接続されており、レンズ系21、絞り22および光学ローパスフィルタ31を介して形成された被写体の像を画像信号としてA/D変換器33へと出力する。画像信号はA/D変換器33にてデジタル信号（以下、「画像データ」という。）に変換された後、画像メモリ34に記憶される。すなわち、光学系、CCD32およびA/D変換器33により被写体の画像が画像データとして取得される。

【0018】

補正部44は、画像メモリ34中の画像データに対してホワイトバランス補正、ガンマ補正、ノイズ除去、色補正、色強調等の各種画像処理を施す。補正後の画像データはVRAM（ビデオRAM）151へと転送され、これにより、ディスプレイ15に画像が表示される。また、操作者の操作により、必要に応じて画像データがカードスロット14を介してメモリカード91に記録される。

【0019】

また、デジタルカメラ1では、取得された画像データに対して光学系の影響による劣化を復元する処理が行われるようになっており、この復元処理は、CPU41がROM42内のプログラム421に従って演算処理を行うことにより実現される。なお、デジタルカメラ1内部では画像データを処理することにより実質的に画像の処理（補正や復元）が行われるが、以下の説明では、処理対象である「画像データ」を適宜、単に「画像」という。

【0020】

<1.2 光学系による画像の劣化>

次に、デジタルカメラ1における画像の劣化について説明する。画像の劣化とは、デジタルカメラ1のCCD32、A/D変換器33等を介して取得される画像が、理想的な画像とはならない現象をいう。このような画像の劣化は、被写体上の一点から出た光線がCCD32上に一点に集まることなく広がりをもつ分布となるために生じる。換言すれば、理想的な画像が取得される場合においてCCD32の1つの受光素子（すなわち、画素）に入射すべき光束が、広がりをもって周囲の受光素子に入射するために画像の劣化が生じる。

【0021】

デジタルカメラ1では、レンズ系21、絞り22、光学ローパスフィルタ31により主として構成される光学系による画像の劣化の復元が行われるようになっている。

【0022】

図6はレンズユニット2による画像の劣化を説明するための図である。図6の符号71は画像全体を示しており、理想的な画像（すなわち、光学系の影響によ

る劣化を受けない画像をいい、以下、「理想画像」という。）としては符号 7 0 1 にて示す領域が明るくなるものとする、実際に得られる画像（以下、「取得画像」という。）では、レンズ系 2 1 の焦点距離およびピント位置（ズームレンズではレンズの繰り出し量に相当する。）、並びに、絞り 2 2 の絞り値に応じて領域 7 0 1 よりも広がった領域 7 1 1 が明るくなる。すなわち、理想的には領域 7 0 1 に対応する CCD 3 2 上の領域に入射すべき光束が、実際には領域 7 1 1 に対応する領域に広がって入射する。

【 0 0 2 3 】

また、画像 7 1 の周辺部においても、理想画像の場合に符号 7 0 2 にて示す領域が明るいものとする、取得画像においては符号 7 1 2 にて示すように略楕円状に広がった領域が明るくなる。

【 0 0 2 4 】

図 7 ないし図 9 はレンズユニット 2 の光学的影響による画像の劣化を CCD 3 2 の受光素子レベルで説明するための模式図である。図 7 はレンズユニット 2 の影響がない状態（すなわち、理想画像が取得される状態）において、 3×3 の受光素子配列の中央の受光素子のみに強度 1 の光束が入射する様子を示している。これに対し、図 8 および図 9 はレンズユニット 2 の影響により図 7 に示す状態が変化する様子を示している。

【 0 0 2 5 】

図 8 は CCD 3 2 の中央近傍の様子の一例を示しており、中央の受光素子に強度 $1/3$ の光が入射し、上下左右の隣接する受光素子に強度 $1/6$ の光が入射する様子を示している。すなわち、中央の受光素子に入射すべき光束がレンズユニット 2 の影響により周囲に広がって入射する様子を示している。図 9 は CCD 3 2 の周縁部の様子の一例を示しており、中央の受光素子に強度 $1/4$ の光が入射しつつ左上から右下へと広がりをもって光が入射する様子を示している。

【 0 0 2 6 】

このような画像の劣化特性は、理想画像の各画素の画素値を図 8 や図 9 に例示する画素値の分布へと変換する関数（すなわち、点像分布に基づく 2 次元フィルタ）として表現できることから、劣化関数（あるいは、劣化フィルタ）と呼ばれ

【 0 0 2 7 】

レンズユニット 2 の影響による劣化特性を示す劣化関数は、レンズ系 2 1 による焦点距離、ピント位置、および、絞り 2 2 の絞り値に基づいて受光素子の位置ごとに（すなわち、画素の位置ごとに）予め求めることができる。そこで、デジタルカメラ 1 では、後述するように、レンズユニット 2 からレンズの配置に関する情報および絞り値を得て画素の位置に応じた劣化関数を求め、劣化関数に基づいて取得画像の復元を実現している。

【 0 0 2 8 】

なお、レンズユニット 2 に関する劣化関数は、一般的には、焦点距離、ピント位置、絞り値、および、CCD 3 2 上の（すなわち、画像中の画素の）2 次元座標等をパラメータとする非線形関数となる。また、図 7 ないし図 9 では便宜上、画像の色については言及していないが、カラー画像の場合には RGB 各色に対応した劣化関数、あるいは、各色の劣化関数をまとめた劣化関数が求められる。ただし、処理を簡略化するために色収差を無視し、RGB 各色に対応する劣化関数が同じであるとしてもよい。

【 0 0 2 9 】

図 1 0 は光学ローパスフィルタ 3 1 の影響による劣化を CCD 3 2 の受光素子レベルで説明するための模式図である。光学ローパスフィルタ 3 1 は複屈折光学材料を用いて帯域制限を行うことにより偽解像を防止するものであり、単板カラー CCD の場合には、図 1 0 に例示するように左上の受光素子に入射すべき光をまず矢印 7 2 1 にて示すように上下に分離し、さらに、矢印 7 2 2 にて示すように左右に分離する。

【 0 0 3 0 】

単板カラー CCD では、互いに隣接する 4 つの受光素子のうち、対角線上の 2 つの受光素子にグリーン（G）のフィルタが形成され、残りの 2 つの受光素子にレッド（R）とブルー（B）のフィルタが形成される。そして、各画素の RGB 値は周囲の画素から得られる情報を参照しながら補間処理により求められる。しかしながら、単板カラー CCD には G の画素が R や B の画素の倍だけ存在するこ

とから、CCDから得られるデータをそのまま用いるとGの解像度がRやBの解像度よりも高い画像が得られてしまい、RやBのフィルタが形成された受光素子では捉えることができない被写体像の高周波成分が偽解像として現れる。

【0031】

そこで、図10に例示するような特性を有する光学ローパスフィルタ31がCD32の前面に設けられるが、この光学ローパスフィルタ31の影響によりGの受光素子から得られる画像の高周波成分が劣化されてしまう。

【0032】

図11は図10に示す特性を有する光学ローパスフィルタ31により中央の受光素子に入射すべき光束の分布を例示する図、すなわち、光学ローパスフィルタ31に対応した劣化関数の特性を模式的に示す図である。図11に示すように、光学ローパスフィルタ31は中央の受光素子に入射すべき光束を 2×2 の受光素子に分割する。そこで、デジタルカメラ1では、後述するように、光学ローパスフィルタ31に対応する劣化関数を予め準備しておき、劣化関数に基づく取得画像の復元を実現している。

【0033】

なお、光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数を用いる復元では、補間処理後のRGB値から輝度成分を求め、この輝度成分に対して復元が行われる。また、他の復元方法として、G成分の補間処理後にG成分に対して復元が行われ、復元されたG成分を用いてR、B成分が補間されるようになっていてもよい。

【0034】

以上の説明では、画素ごとに劣化関数が求められるものとして説明したが、劣化関数としては複数画素の劣化関数をまとめたものや全画素分の劣化関数をまとめたもの（すなわち、複数画素の劣化に相当する変換行列）が求められるようになっていてもよい。

【0035】

<1.3 画像の復元>

次に、劣化関数を用いた取得画像の復元について、3つの具体例を説明する。なお、デジタルカメラ1ではいずれの画像復元方法が採用されてもよい。

【0036】

図12は第1の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。第1の画像復元方法は劣化関数から復元関数を求め、取得画像に復元関数を作用させて復元を行う方法である。

【0037】

理想画像の各画素に劣化関数を作用させた劣化画像を考えた場合、劣化関数は各画素の画素値に基づいて周囲の画素の画素値を変更する作用を有することから、劣化画像は理想画像よりも大きなサイズの画像となる。ここで、理想画像と取得画像とのサイズが同じであるとする、劣化画像の周囲の画素を削除したものを取得画像と捉えることができる。したがって、劣化関数とは逆の変換を行う復元関数を求めようとした場合、処理対象領域の外側（すなわち、外周）の情報が欠落しているため復元関数を適切に求めることができない。

【0038】

そこで、第1の画像復元方法では、まず、処理対象領域の外側に仮想的な画素を設け、仮想的な画素の画素値を適宜決定する（ステップS11）。例えば、取得画像の境界の内側の画素の画素値をそのまま境界の外側の画素の画素値として決定する。これにより、修正された取得画像の画素値の配列であるベクトルYと、理想画像の画素値の配列であるベクトルXとは、数1の関係を満たすものと想定することができる。

【0039】

【数1】

$$HX=Y$$

【0040】

ただし、行列Hは各画素の劣化関数を全画素についてまとめた理想画像全体に作用させる劣化関数（以下「画像劣化関数」という。）である。

【0041】

その後、画像劣化関数である行列Hの逆行列 H^{-1} を、画像を復元するための復

元関数として求め（ステップ S 1 2）、数 2 によりベクトル X を求める。

【 0 0 4 2 】

【数 2】

$$X = H^{-1}Y$$

【 0 0 4 3 】

すなわち、修正された取得画像に復元関数を作用させて画像の復元を行う（ステップ S 1 3）。

【 0 0 4 4 】

図 1 3 は第 2 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。劣化関数は、一般に理想画像中の特定の周波数成分を減衰させるという特性を有することから、第 2 の画像復元方法では取得画像における特定の周波数成分を復元して画像の復元を行う。

【 0 0 4 5 】

まず、取得画像を所定の画素数のブロックに分割し（ステップ S 2 1）、各ブロックに 2 次元フーリエ変換（すなわち、離散コサイン変換（DCT））を施し、各ブロックを周波数空間へと変換する（ステップ S 2 2）。

【 0 0 4 6 】

次に、劣化関数の特性に基づいて減衰された周波数成分の復元が行われる（ステップ S 2 3）。具体的には、フーリエ変換されたブロックをフーリエ変換された劣化関数にて割り算する。その後、ブロックに逆フーリエ変換（逆 DCT）を施し（ステップ S 2 4）、復元されたブロックを合成することにより復元画像を得る（ステップ S 2 5）。

【 0 0 4 7 】

図 1 4 は第 3 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。第 3 の画像復元方法は、劣化前の画像を仮定し（以下、仮定された画像を「仮定画像」という。）、反復法を用いて仮定画像を更新することにより劣化前の画像を求める方法である。

【0048】

まず、初期状態の仮定画像として、取得画像が用いられる（ステップS31）。次に、仮定画像に劣化関数（正確には、画像劣化関数である行列H）を作用させ（ステップS32）、得られた画像と取得画像との相違が求められ（ステップS33）、相違に基づいて仮定画像の更新が行われる（ステップS35）。

【0049】

具体的には、取得画像であるベクトルYと仮定画像であるベクトルXとに基づいて、Wを重み行列（単位行列であってもよい）として、数3が最小となるベクトルXを修正された仮定画像として求める。

【0050】

【数3】

$$[Y-HX]^T W [Y-HX]$$

【0051】

その後、取得画像と劣化された仮定画像との相違が許容範囲内となるまで仮定画像の更新が繰り返され（ステップS34）、最終的に得られる仮定画像が復元後の画像となる。

【0052】

すなわち、取得画像であるベクトルYと仮定画像を劣化させた画像であるベクトルHXとの相違を各画素の画素値の差の2乗和（または、荷重2乗和）として求めつつ連立一次方程式 $Y=HX$ を反復法で解くことにより、相違が最小となるベクトルXを求める。なお、第3の画像復元方法の詳細について言及された文献としては、例えば、"RESTORATION OF A SINGLE SUPER-RESOLUTION IMAGE FROM SEVERAL BLURRED, NOISY AND UNDER-SAMPLED MEASURED IMAGES"(M.Elad and A.Feuer, IEEE Trans., On Image Processing, Vol.6 No.12 pp1646-1658 Dec/1997)が挙げられる。また、反復法の細部については様々な他の手法を利用することももちろん可能である。

【0053】

- 第3の画像復元方法を用いることにより、第1および第2の画像復元方法よりも適切な画像復元を行うことができるが、デジタルカメラ1にて採用される画像復元方法は第1ないし第3の画像復元方法のいずれが採用されてもよく、他の方法が用いられてもよい。

【0054】

<1.4 デジタルカメラの動作>

以上、デジタルカメラ1の構成、取得画像の劣化を示す劣化関数、および、劣化関数を用いた画像の復元について説明してきたが、次に、劣化関数を用いた画像の復元を行うデジタルカメラ1の動作について説明する。

【0055】

図15は撮影の際のデジタルカメラ1の動作の流れを示す流れ図であり、図16はデジタルカメラ1の撮影に係る機能構成を示すブロック図である。図16において、レンズ制御部401、絞り制御部402、劣化関数算出部403、劣化関数記憶部404および復元部405は、CPU41がROM42内のプログラム421に従って演算処理を実行することによりCPU41、ROM42、RAM43等により実現される機能を示している。

【0056】

シャッターボタン13が押されると、CCD32上に被写体の像を形成すべくデジタルカメラ1の光学系の制御が行われる（ステップS101）。すなわち、レンズ制御部401がレンズ駆動部211に制御信号を与え、これにより、レンズ系21を構成する複数のレンズの配置が制御される。さらに、絞り制御部402から絞り駆動部221へと制御信号が与えられ、絞り22が制御される。

【0057】

一方、レンズ制御部401および絞り制御部402からは、レンズ配置に関する情報および絞り値が劣化関数を求めるための劣化情報431として劣化関数算出部403へと送られる（ステップS102）。その後、露光が行われ（ステップS103）、CCD32等により取得された被写体の画像が画像データとして画像メモリ34に記憶される。以後の画像処理は画像メモリ34に記憶された画像データに対して行われる。

【0058】

劣化関数算出部403では、レンズ制御部401および絞り制御部402から与えられた劣化情報431を用いて、レンズ系21および絞り22の影響を考慮した各画素の劣化関数が求められる（ステップS104）。求められた劣化関数は劣化関数記憶部404に記憶される。また、劣化関数記憶部404には予め光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数が準備されている。

【0059】

なお、ステップS104において劣化関数がレンズユニット2の構成や特性ごとに一旦個別に求められ、その後、光学系全体を考慮した劣化関数が求められるようになっていてもよい。例えば、レンズ系21に関する劣化関数、絞り22に関する劣化関数、および、光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数が個別に準備されてもよく、さらに、レンズ系21の劣化関数も焦点距離に関する劣化関数、および、ピント位置に関する劣化関数として分離して求められてもよい。

【0060】

また、画素ごとの劣化関数を求める演算処理を簡素化するため、画像中の代表的な画素の劣化関数を求めておいて、他の画素の劣化関数が代表的な画素の劣化関数を補間して求められるようになっていてもよい。

【0061】

劣化関数が求められると、復元部405により取得画像に対して既述の復元処理が行われる（ステップS105）。これにより、取得画像における光学系の影響による劣化が復元される。すなわち、光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数を用いた画像の復元が行われ、レンズユニット2に関する劣化関数を用いた画像の復元が行われる。

【0062】

光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数を用いた画像の復元では、補間処理後の取得画像の各画素のRGB値から輝度成分および色成分を求め、この輝度成分に対して復元が行われ、輝度成分および色成分がRGB値へと戻される。

【0063】

一方、レンズユニット2に関する劣化関数を用いた画像の復元では、取得画像

・の各画素のRGB値のそれぞれに対して色収差を考慮した復元が行われる。もちろん、光学ローパスフィルタ31およびレンズユニット2による画像の劣化の復元を輝度成分にのみ行い、処理を簡略化してもよい。

【0064】

また、光学ローパスフィルタ31およびレンズユニット2による劣化の復元が同時に行われるようになっていてもよい。すなわち、光学系全体の劣化関数を求めた上で、画像の復元が行われるようになっていてもよい。

【0065】

復元後の画像は補正部44により、ホワイトバランス補正、ガンマ補正、ノイズ除去、色補正、色強調等の各種画像処理が施され（ステップS106）、補正後の画像のデータが画像メモリ34に記憶される。さらに、画像メモリ34内の画像データは適宜、カードスロット14を介してメモリカード91に保存される（ステップS107）。

【0066】

以上説明してきたように、デジタルカメラ1では、光学系による劣化特性を示す劣化関数を用いて光学系の影響による画像の劣化を復元することから、取得画像の適切な復元を行うことができる。

【0067】

<2. 第2の実施の形態>

図17はこの発明の第2の実施の形態を示す図である。第1の実施の形態では、デジタルカメラ1にて画像の復元が行われるようになっているが、第2の実施の形態では、コンピュータ5にて画像の復元が行われるようになっている。すなわち、画像復元機能を有しないデジタルカメラ1とコンピュータ5との間でメモリカード91や通信ケーブル92を用いてデータの受け渡しを可能とし、デジタルカメラ1にて取得された画像をコンピュータ5にて復元するようになっている。

【0068】

なお、第2の実施の形態に係るデジタルカメラ1は、画像の復元を行わないという点を除いて第1の実施の形態と同様であり、以下の説明では第1の実施の形

態と同様の構成については同符号を付して説明する。また、デジタルカメラ 1 からのデータの出力はカードスロット 1 4 や出力端子等の任意の出力手段から出力されてよいが、以下の説明においては、メモリカード 9 1 を介してデジタルカメラ 1 からコンピュータ 5 へとデータが転送されるものとして説明を行う。

【 0 0 6 9 】

コンピュータ 5 には予め磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク等の記録媒体 8 を介して復元処理を行うプログラムがインストールされており、コンピュータ 5 内の CPU が RAM を作業領域としてプログラムに従った処理を行うことにより、コンピュータ 5 内にて画像の復元処理が実行される。

【 0 0 7 0 】

図 1 8 は、メモリカード 9 1 に記録されるデータの構造を示す模式図である。デジタルカメラ 1 では、通常のデジタルカメラ 1 と同様の手法にて画像を画像データとして取得するが、同時に、光学系が画像に与える劣化特性を示す劣化関数も求める（あるいは、予め記憶されている）ようになっており、画像データ 9 1 1 と劣化関数 9 1 2 とが組み合わされてメモリカード 9 1 へと出力される。

【 0 0 7 1 】

図 1 9 は第 2 の実施の形態に係るデジタルカメラ 1 の撮影の際の動作の流れを示す流れ図であり、図 2 0 はコンピュータ 5 における動作の流れを示す流れ図である。また、図 2 1 は復元処理に関連するデジタルカメラ 1 およびコンピュータ 5 の機能構成を示すブロック図である。図 2 1 ではコンピュータ 5 に関してはメモリカード 9 1 内のデータを読み出すカードスロット 5 1、固定ディスク 5 2、および、CPU、RAM 等により実現される機能である復元部 5 0 5 のみを図示している。以下、図 1 9 ないし図 2 1 を参照しながら第 2 の実施の形態におけるデジタルカメラ 1 およびコンピュータ 5 の動作について説明する。

【 0 0 7 2 】

デジタルカメラ 1 にて撮影が行われる際には、第 1 の実施の形態と同様に、レンズ制御部 4 0 1 および絞り制御部 4 0 2 による光学系の制御が行われ（図 1 9 : ステップ S 1 1 1）、光学系の情報が劣化情報 4 3 1 として取得される（ステップ S 1 1 2）。その後、CCD 3 2 への露光が行われて（ステップ S 1 1 3）

..、撮影された画像が画像データとして取得される。

【0073】

劣化関数算出部403では、レンズユニット2に関する劣化情報431に基づいて劣化関数が求められ（ステップS114）、劣化関数記憶部404に転送される。また、第1の実施の形態と同様に、劣化関数記憶部404には予め光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数が記憶されている。一方、取得された画像には補正部44による補正処理が行われ、画像メモリ34に記憶される（正確には、画像メモリ34内の画像データに対して補正処理が行われる。）（ステップS115）。

【0074】

その後、デジタルカメラ1では、図18に示すように補正後の画像に相当する画像データおよび劣化関数をカードスロット14を介してメモリカード91に出力する（ステップS116）。

【0075】

メモリカード91に画像データおよび劣化関数が保存されると、メモリカード91がコンピュータ5のカードスロット51に装着され、コンピュータ5が固定ディスク52へと画像データおよび劣化関数を読み込んで復元処理に必要なデータを準備する（図20：ステップS121）。その後、画像データが示す画像に対して復元部505により劣化関数を用いる既述の復元処理が行われ（ステップS122）、デジタルカメラ1の光学系の影響による劣化を復元した画像が求められ、固定ディスク52に保存される（ステップS123）。

【0076】

以上のように、第2の実施の形態に係るデジタルカメラ1では、画像データとともに劣化関数を外部へ出力するようになっており、コンピュータ5では、劣化関数を用いた復元処理が行われる。これにより、デジタルカメラ1では復元処理を行う必要がないため、第1の実施の形態に比べて（特に、画素数の大きな画像を取得する場合に）、撮影開始から画像データの保存までの時間を短縮することができる。

【0077】

＜ 3. 変形例 ＞

以上、この発明の実施の形態としてデジタルカメラ 1 を用いて取得される画像を復元する例について説明してきたが、この発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。

【 0 0 7 8 】

例えば、上記実施の形態では、光学系による劣化関数として、レンズユニット 2 に係る劣化関数と光学ローパスフィルタ 3 1 に係る劣化関数とについて説明したが、他の種類の劣化関数が求められる（または、予め準備される）ようになっていてもよい。また、3 C C D のデジタルカメラ 1 においてレンズユニット 2 に関する劣化関数のみ、あるいは、絞り 2 2 に関する劣化関数のみを利用する場合のように、1 種類の劣化関数のみを用いて光学系の影響による画像の特定種類の劣化のみが復元されるようになっていてもよい。

【 0 0 7 9 】

また、既述のように、劣化関数は全画素について求められる必要はなく、代表的な画素（すなわち、受光素子）に関する劣化関数が L U T 等を用いて求められた上で、他の画素の劣化関数が補間により求められてもよい。また、光学ローパスフィルタ 3 1 に関する劣化関数のように、劣化関数が全画素について一定である場合には予め R O M 4 2 に 1 つの劣化関数を準備しておくだけで足りる。

【 0 0 8 0 】

すなわち、少なくとも 1 種類の劣化関数を少なくとも 1 つ利用することにより、光学系の影響による特定の種類の劣化を適切に復元することができる。

【 0 0 8 1 】

また、上記実施の形態では、劣化関数の算出や画像の復元がデジタルカメラ 1 やコンピュータ 5 内の C P U、R O M および R A M により行われると説明したが、デジタルカメラ 1 のレンズ制御部 4 0 1、絞り制御部 4 0 2、劣化関数算出部 4 0 3 および復元部 4 0 5、並びに、コンピュータ 5 の復元部 5 0 5 は専用の電氣的回路で構築されていてもよく、一部のみ専用の電氣的回路で構築されていてもよい。

【 0 0 8 2 】

また、デジタルカメラ 1 による画像の復元に係るプログラム 4 2 1 は、予めメモリカード 9 1 等の記録媒体を介してデジタルカメラ 1 にインストールされるようになっていてもよい。

【 0 0 8 3 】

さらに、この発明は、デジタルカメラ 1 により取得される画像の復元に限定されるものではなく、受光素子配列を用いて画像を取得する他の撮像装置、例えば、電子顕微鏡やフィルムスキャナ等により取得される画像の復元にも利用される。もちろん、受光素子配列は 2 次元配列に限定されるものではなく、スキャナのように 1 次元配列であってもよい。

【 0 0 8 4 】

【発明の効果】

請求項 1 ないし 3 に記載の発明では、光学系の影響により画像の生じる少なくとも 1 種類の劣化を適切に復元することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施の形態におけるデジタルカメラの正面図である。

【図 2】

デジタルカメラの背面図である。

【図 3】

デジタルカメラの側面図である。

【図 4】

レンズユニット近傍の縦断面図である。

【図 5】

デジタルカメラの構成を示すブロック図である。

【図 6】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 7】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 8】

． レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 9】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 1 0】

光学ローパスフィルタによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 1 1】

光学ローパスフィルタによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 1 2】

第 1 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 3】

第 2 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 4】

第 3 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 5】

撮影の際のデジタルカメラの動作の流れを示す流れ図である。

【図 1 6】

デジタルカメラの機能構成を示すブロック図である。

【図 1 7】

第 2 の実施の形態に係る全体構成を示す図である。

【図 1 8】

メモリカード内のデータ構造を示す模式図である。

【図 1 9】

撮影の際のデジタルカメラの動作の流れを示す流れ図である。

【図 2 0】

コンピュータの動作の流れを示す流れ図である。

【図 2 1】

デジタルカメラおよびコンピュータの機能構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

1 デジタルカメラ

2 . レンズユニット

1 4 カードスロット

2 1 レンズ系

2 2 絞り

3 1 光学ローパスフィルタ

3 2 C C D

3 3 A / D 変換器

4 1 C P U

4 2 R O M

4 3 R A M

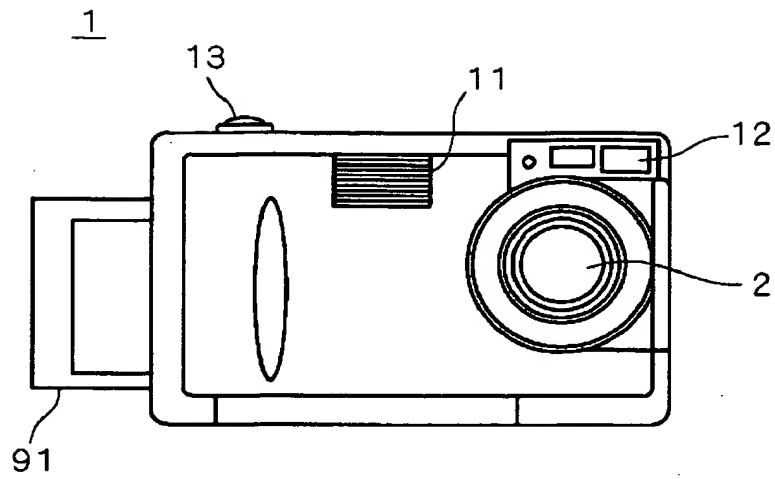
4 0 5 復元部

S 1 0 3 , S 1 0 4 , S 1 0 6 , S 1 2 1 , S 1 2 2 ステップ

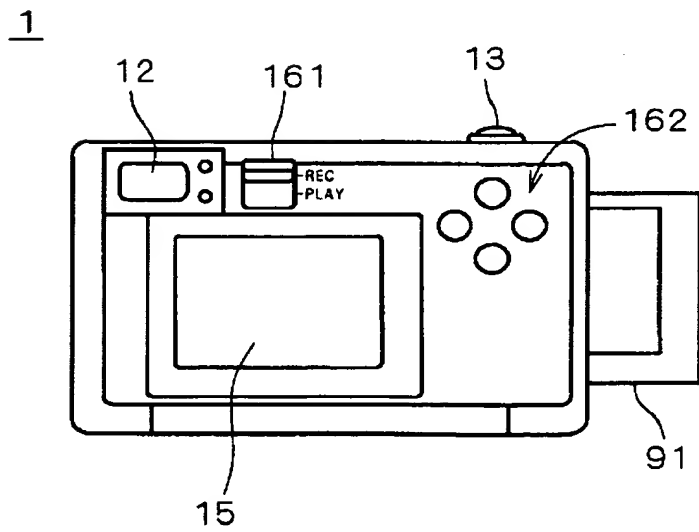
【書類名】

図面

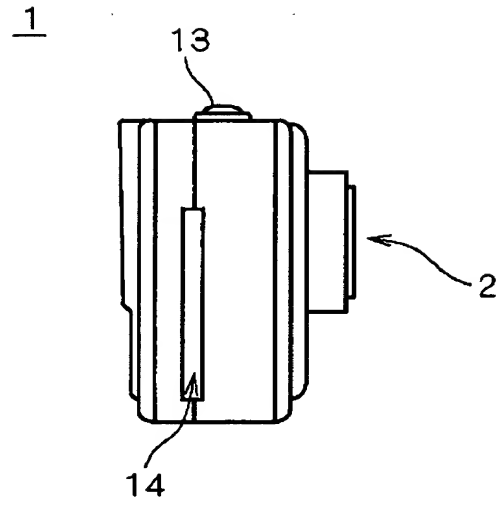
【図 1】



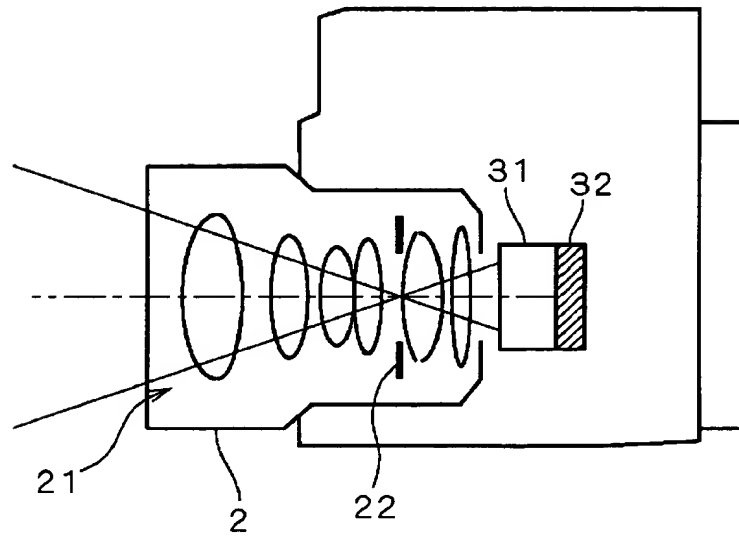
【図 2】



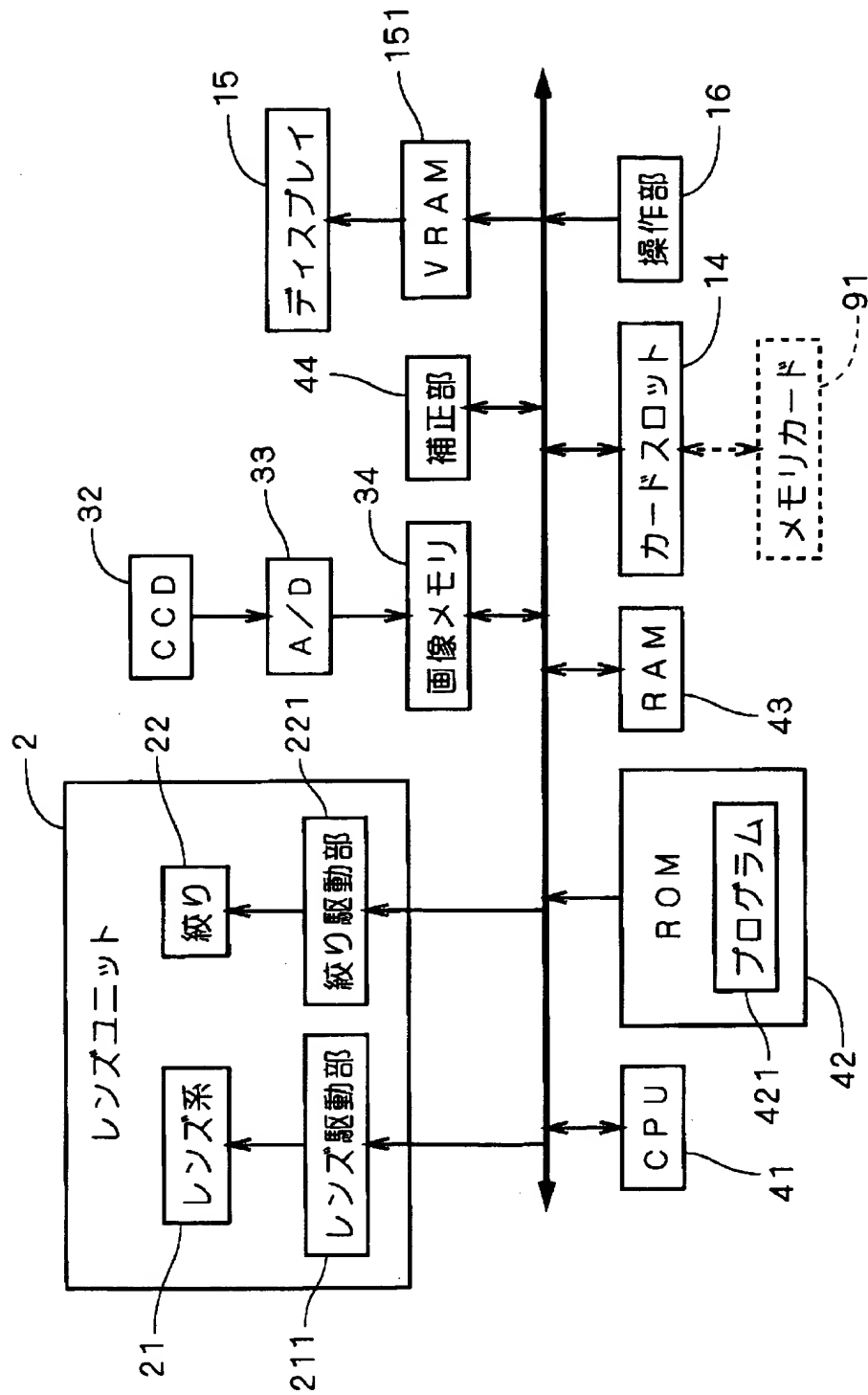
・【図 3】



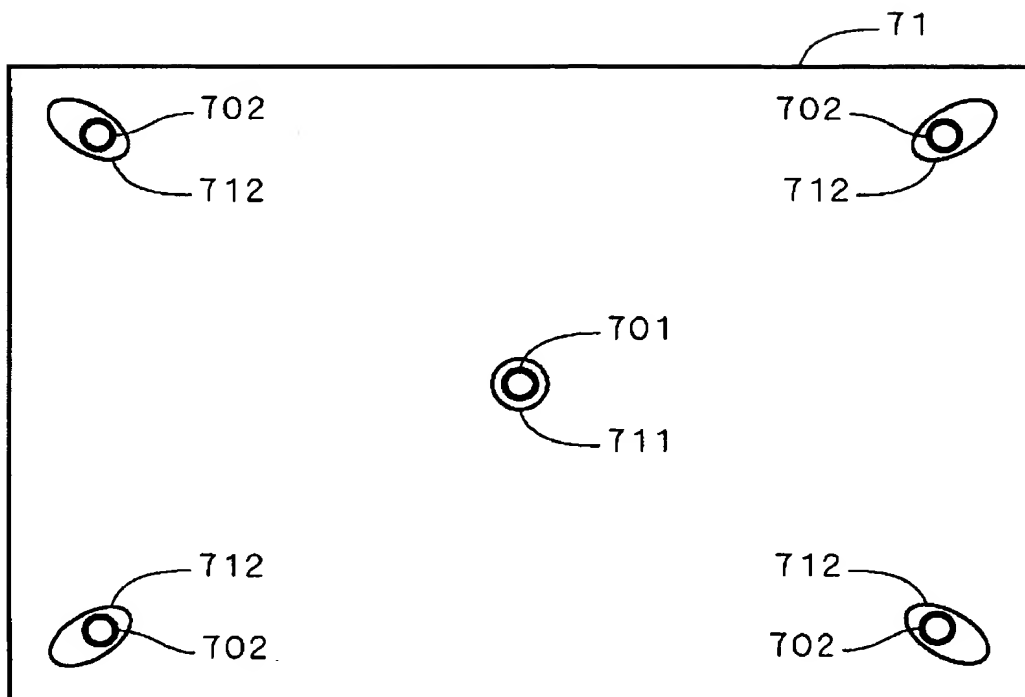
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

0	0	0
0	1	0
0	0	0

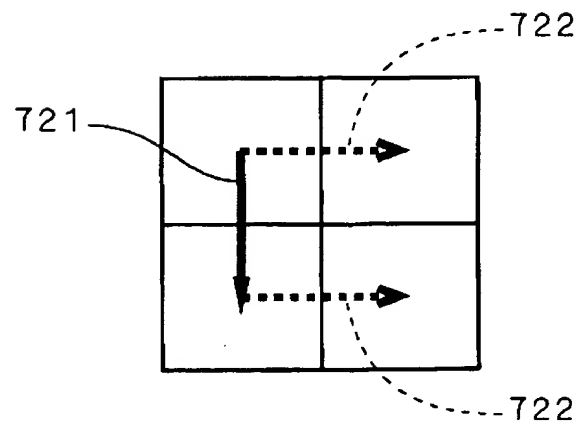
【図 8.】

0	$\frac{1}{6}$	0
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$
0	$\frac{1}{6}$	0

【図 9】

$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	0
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$

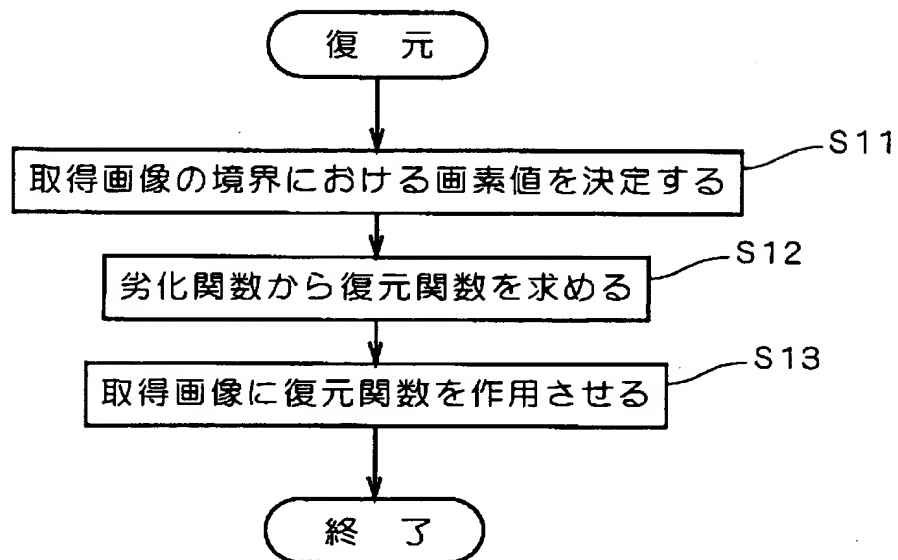
【図 1 0】



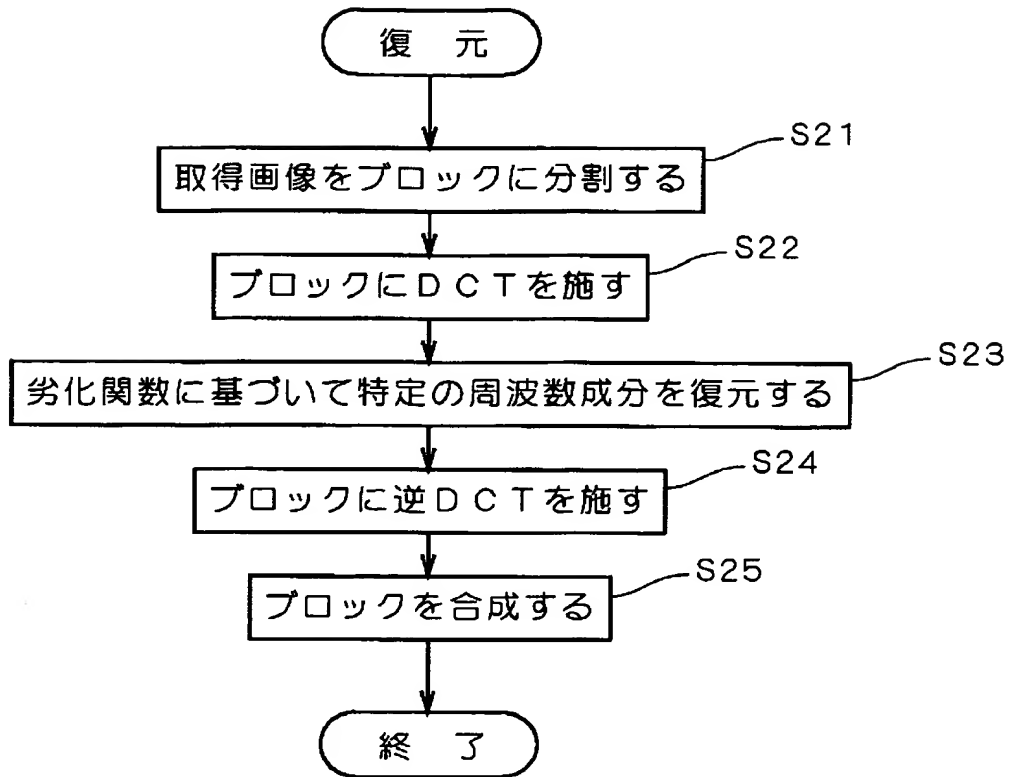
【図 1.1】

0	0	0
0	1/4	1/4
0	1/4	1/4

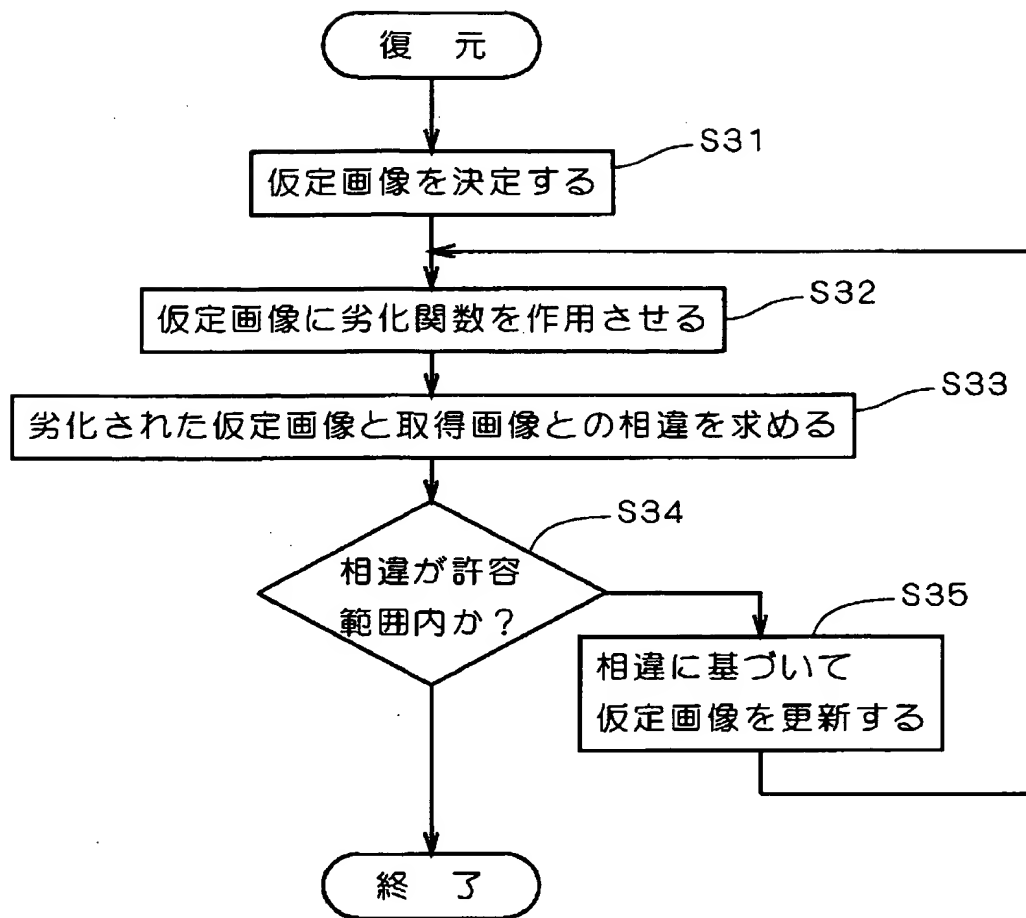
【図 1 2】



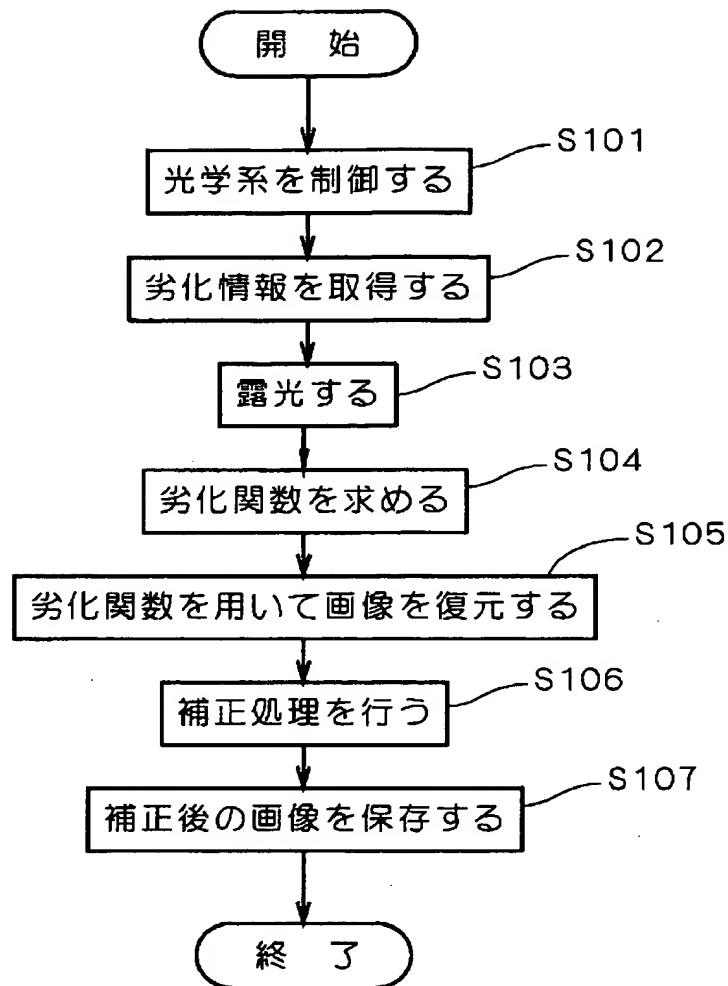
【図 1.3】



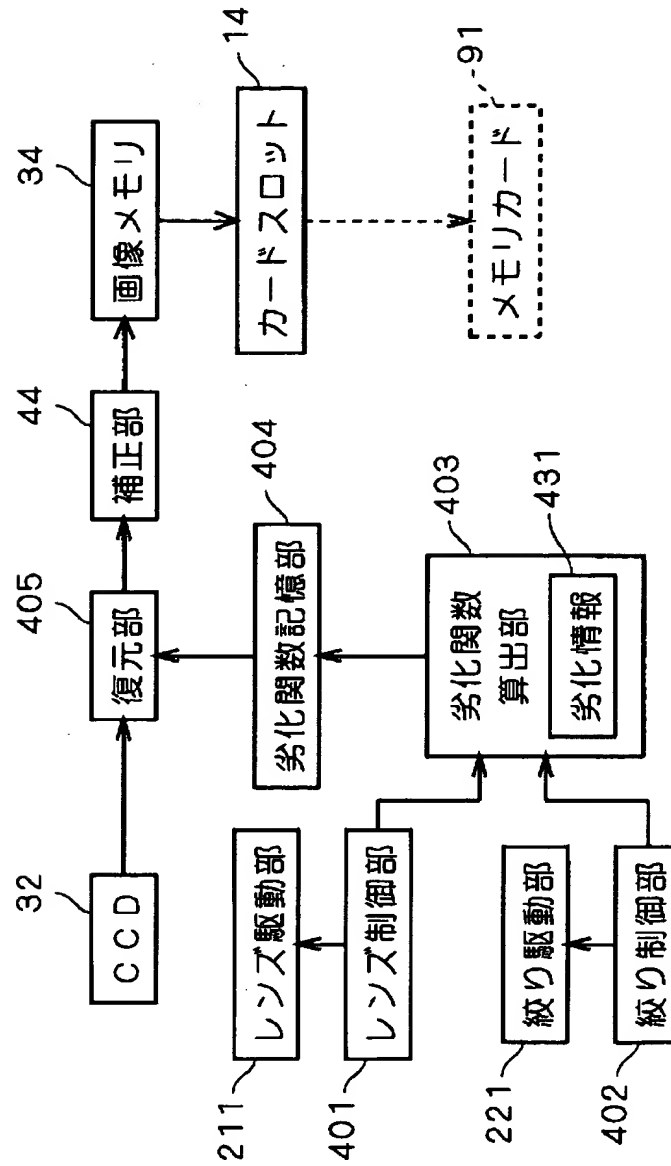
【図 1.4】



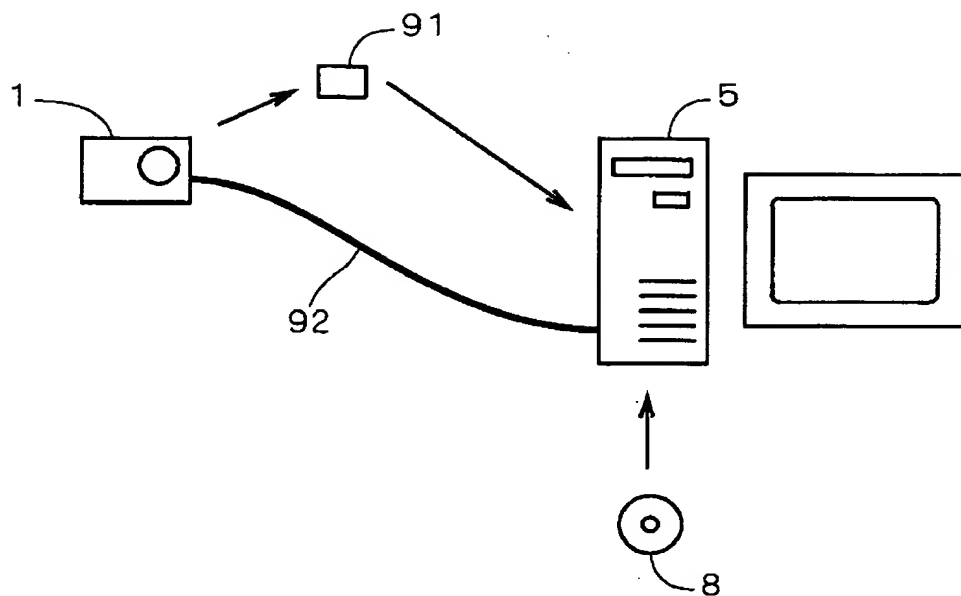
【図 1.5】



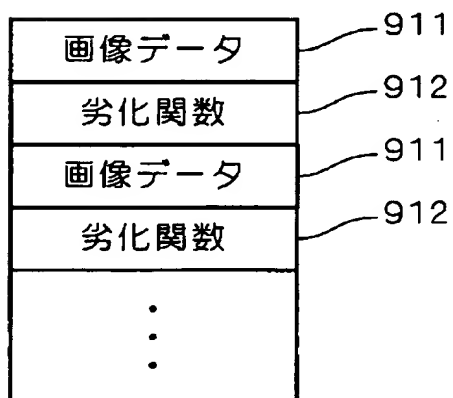
【図 1.6】



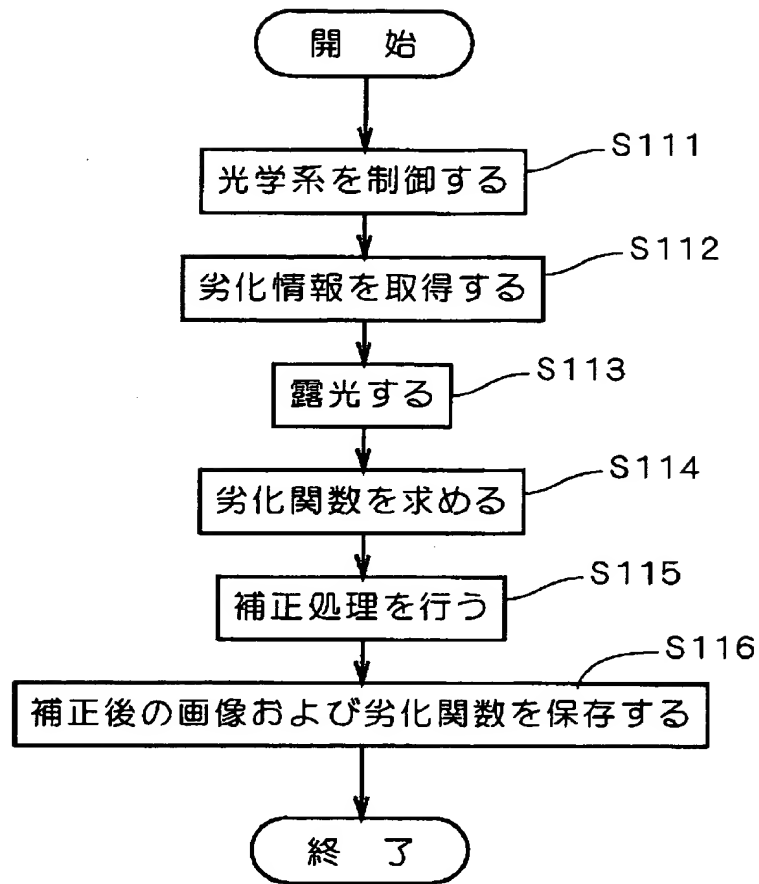
【図 1.7】



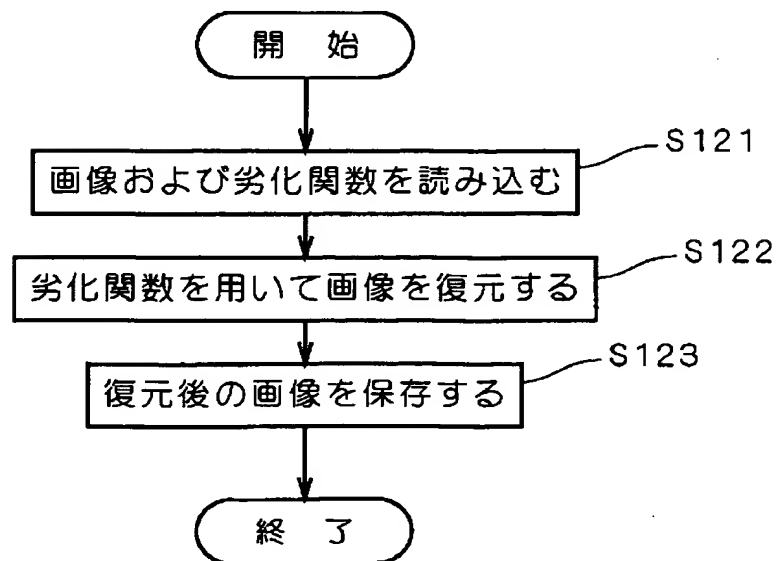
【図 1 8】



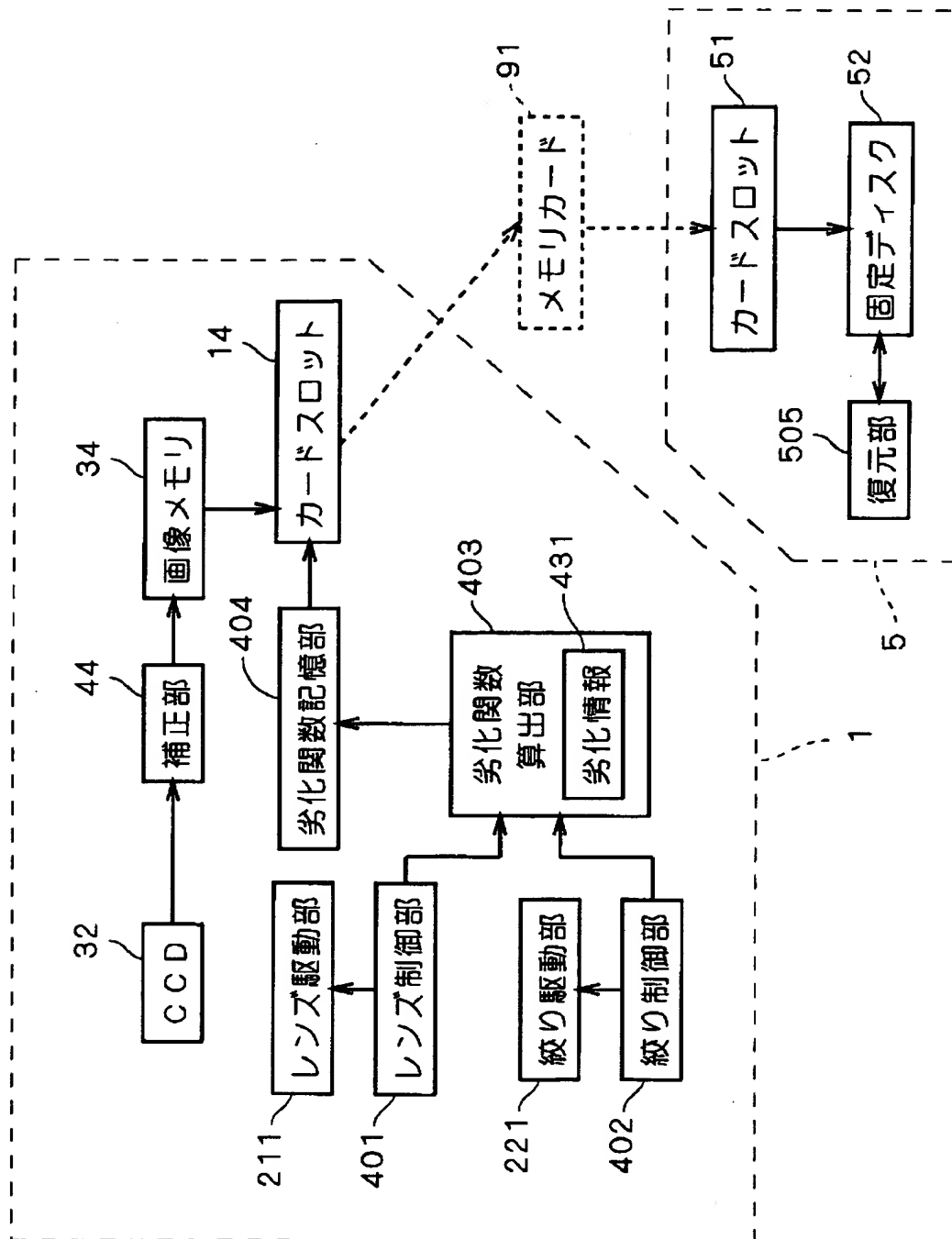
【図 1.9】



【図 20】



．【図 2.1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 デジタルカメラにおいて光学系の影響による画像の劣化を適切に復元する。

【解決手段】 デジタルカメラにおいて、撮影の際のレンズ配置、絞り値等の光学系に関する情報を劣化情報として取得しつつ撮影を行う（ステップ S 1 0 2 ～ S 1 0 4）。その後、劣化情報に基づいて光学系による画像の劣化特性を示す劣化関数を求め（ステップ S 1 0 5）、劣化関数を用いて取得された画像を復元する（ステップ S 1 0 6）。これにより、光学系の影響による画像の劣化を適切に復元することができる。

【選択図】 図 1 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社